

(مقاله پژوهشی)

پیش‌گویی فعالیت رادیکال‌گیرندگی، شمارش آغازگرها و خواص حسی ماست پروبیوتیک حاوی عصاره‌های هیدروالکلی اسپیرولینا پلاتنسیس و گیاه چویل با شبکه عصبی مصنوعی

عبدالرضا آقاجانی^۱، سید علی مرتضوی^{۲*}، فریده طباطبایی یزدی^۲

۱- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

۲- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران..

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۱

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی فعالیت رادیکال‌گیرندگی، شمارش آغازگرهای ماست و خواص حسی ماست پروبیوتیک کم چرب غنی‌سازی شده با سطوح صفر تا ۱ درصد عصاره گیاه چویل و ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس طی ۲۱ روز نگهداری در دمای یخچال و پیش‌بینی نتایج آزمایشات با شبکه عصبی مصنوعی بود. به منظور پیش‌گویی نتایج، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه با دو ورودی (غلظت عصاره، زمان نگهداری) و یک خروجی با نرم افزار MATLABR2013a استفاده گردید. مطابق نتایج حاصل، ضریب همبستگی فعالیت رادیکال‌گیرندگی نمونه‌های ماست پروبیوتیک ۰/۹۸۹ تعیین گردید و عصاره چویل تأثیر بیشتری بر افزایش این فعالیت داشت. ضریب همبستگی تعداد لاکتوباسیلوس بولگاریکوس و استرپتوکوکوس ترموفیلوس به ترتیب ۰/۹۹۳ و ۰/۹۷۵ تعیین گردید، در عین حال، تعداد باکتری‌ها در روز پایانی، بیش از حداقل تعداد آنها در ماست پروبیوتیک تعیین گردید (10^7 cfu/ml). ضریب همبستگی برای «رنک»، «طعم»، «قوام» و «پذیرش کلی» به ترتیب برابر با ۰/۹۳۷، ۰/۹۸۴، ۰/۹۸۳ و ۰/۹۷۸ ارزیابی شد و تیمارهای حاوی عصاره اسپیرولینا، امتیازات حسی بالاتری را در مقایسه با عصاره چویل نشان دادند. نتایج نشان داد که به کمک شبکه‌ای با تعداد ۱۰ نرون در لایه پنهان و با کمک تابع فعال سیگموئیدی هیپربولیکی و درصد داده‌های مورد استفاده برای آموزش/آزمون/ارزیابی برابر با ۶۰/۱۵/۲۵ می‌توان خواص کیفی ماست پروبیوتیک را پیش‌گویی نمود. آنالیز حساسیت شبکه عصبی بهینه به خوبی اهمیت پیش‌گویی پارامترهای غلظت دو عصاره و زمان نگهداری را بر تغییرات مورد بررسی ماست پروبیوتیک نشان داد. می‌توان گفت شبکه عصبی مصنوعی ابزار توانمندی در پیش‌گویی خصوصیات کیفی ماست پروبیوتیک بوده است.

واژه‌های کلیدی: اسپیرولینا پلاتنسیس، چویل، شبکه عصبی مصنوعی، ماست فراسودمند.

۱- مقدمه

طبق تعریف فدراسیون بین‌المللی شیر و فرآورده‌های آن (IDF)^۱، شیرهای تخمیری، فرآورده‌هایی هستند که از تخمیر شیر به وسیله فعالیت میکروارگانیسم‌های خاص، حاصل می‌شوند (۱). ماست از تخمیر شیر توسط دو آغازگر لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس و استرپتوکوکوس ترموفیلوس تولید می‌شود (۱۰، ۱۱) و در سال‌های اخیر نوع پروبیوتیک این فرآورده به عنوان ماده غذایی فراسودمند شناخته شده است (۹). ماست در بین فرآورده‌های شیری تخمیری، مهمترین حامل باکتری‌های پروبیوتیک و عامل انتقال آن به مصرف‌کننده می‌باشد (۳). مرسوم‌ترین باکتری‌های پروبیوتیک به جنس‌های لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتریوم تعلق دارند (۲) و لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس مهمترین باکتری لاکتوباسیل مورد استفاده به تنهایی یا در ترکیب با باکتری‌های دیگر به عنوان باکتری تخمیر کننده و پروبیوتیک می‌باشد (۲۰). در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی به منظور بهبود کیفیت تغذیه‌ای مواد غذایی با کمک ترکیبات ضد میکروبی و اجزاء فراسودمند نظیر آنتی‌اکسیدان‌ها انجام شده است (۱۸). گیاهان دارویی و ریزجلبک‌ها از منابع بالقوه‌ای هستند که از دیر باز خواص درمانی و دارویی آن‌ها مورد توجه قرار گرفته است (۲۲). خانواده چتریان (کرفسیان) متشکل از ۳۰۰ جنس و ۳۰۰۰-۲۵۰۰ گونه است که در بخش‌های زیادی از جهان پراکنده شده‌اند (۲۴). چویل با نام علمی *Ferulago angulata* (Schlecht.) Boiss از خانواده چتریان و جنس *Ferula* است (۲۳) که منبع غنی فیتواسترول‌ها و ترکیبات پلی‌فنول نظیر سیس - اُسیمین و فلاونوئیدها با خواص آنتی‌اکسیدانی است (۳۸). گزارشات مختلفی در مورد ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی عصاره و اسانس حاصل از چویل

وجود دارد (۱۴، ۴۱، ۴۶). ریزجلبک اسپیرولینا، پروکاریوت فرمانند، میله‌ای و میکروسکوپی مربوط به آب‌های تازه و متعلق به سیانوباکتریوم است (۱۷) که نام کاربردی برای بیان معمول دو گونه از سیانوباکترها یعنی آرتروسپورا پلاتنسیس^۲ و آرتروسپورا ماکزیم^۳ می‌باشد (۴۷). آرتروسپورا پلاتنسیس موسوم به اسپیرولینا پلاتنسیس^۴ یک ریزجلبک سبز - آبی، میانه‌دوست و متعلق به سیانوباکترها و خود نور پرور است (۲۶). مطالعات مختلف، خاصیت آنتی‌اکسیدانی (۳۶)، ضد التهابی، ضد جهش‌زایی و ویژگی‌های ضد سرطان اسپیرولینا پلاتنسیس را به اثبات رسانده است (۳۵). به کارگیری منابع گیاهی نظیر گیاهان دارویی و ریزجلبک‌ها در فرمولاسیون مواد غذایی لبنی و لبنی پروبیوتیک، ضمن ارتقاء سلامت مصرف‌کنندگان، نقش مهمی در افزایش کیفیت و زمان ماندگاری آنها ایفا می‌کند. مولنار و همکاران^۵ (۲۰۰۵) اثر اسپیرولینا پلاتنسیس را بر شیرهای تخمیری در دماهای مختلف ارزیابی کردند. گزارش شد که این ریزجلبک با مصرف نیترژن موجود در محیط منجر به آزادسازی آگزوپلی‌ساکاریدها می‌شود که به عنوان پری‌بیوتیک عمل نموده و رشد باکتری‌های اسید لاکتیک را تحریک می‌کنند. محمدی‌الستی و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثر سه سطح اسپیرولینا پلاتنسیس (در سطوح ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۸ درصد وزنی - وزنی) بر خواص کیفی ماست پروبیوتیک حاوی ۱۰ و ۱۳ درصد اسفناج طی ۲۱ روز نگهداری، گزارش کردند که نمونه حاوی ۰/۸ درصد ریزجلبک بیشترین اثر را بر زنده‌مانی باکتری‌های آغازگر ماست دارد. سوفو و ایکنسی^۶ (۲۰۰۷) در تحقیقی، خواص کیفی نمونه‌های ماست قالبی کم چرب و پُرچرب و زمان ماندگاری آن را ارزیابی نمودند. به منظور پیش‌بینی زمان ماندگاری نمونه‌های تولیدی از شبکه عصبی

2- *Arthrospira platensis*3 - *Arthrospira maxima*4- *Spirulina platensis*

5 - Molnar et al

6- Sofu & Ekinci

ژاپن)، نمونه‌بردار (Brabd، آلمان)، گرمخانه (مدل wb-14 - شرکت Memert، آلمان)، پارافیلیم (آریان تجهیز، ایران)، اتوکلاو (مگا، ایران)، دستگاه تقطیر تحت خلاء (شرکت Buchi، سوئیس)، اسپکتروفتومتر دو پرتویی ماوراء بنفش - مرئی (Cecil، مدل ۲۵۰۲، انگلستان) و دستگاه کلنی‌شمار (طیف‌آزمای طب، ایران) بود.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها

پس از تأیید گونه گیاه چویل توسط محققین بخش هرباریوم مؤسسه جنگل‌ها و مراتع ایران، سرشاخه‌های هوایی گیاه پس از خشک شدن در سایه، آسیاب شده و همراه با پودر ا. پلاتنسیس به بخش آزمایشگاه انتقال یافت. در ادامه با استفاده از تکنیک فراصوت، عصاره‌ها تهیه گردید. در فرایند استخراج عصاره با فراصوت، میزان نمونه به حلال، با توجه به استفاده از Sonotrode، مدل S2 قطر یک میلی‌متر و حداکثر دامنه نوسان برابر با ۲۶۰ میکرومتر، محدودیت استفاده حجمی بین ۵۰-۲ میلی‌متر وجود دارد. به همین دلیل، حلال اتانول در نسبت ثابت ۳۵ میلی‌لیتر به ۱ گرم پودر گیاه و ریزجلبک اضافه شد. عصاره‌گیری از پودر ریزجلبک با استفاده حمام فراصوت با فرکانس ۴۰ کیلوهرتز در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. حداکثر دامنه نوسان ۲۶۰ میکرومتر و زمان استخراج برابر ۸ دقیقه تعیین گردید. در نهایت، محتوی درون بطری صاف و عصاره استخراجی تغلیظ شد (۱۹). عصاره‌گیری از پودر گیاه چویل نیز با استفاده حمام فراصوت با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. حداکثر دامنه نوسان ۲۶۰ میکرومتر و زمان استخراج برابر ۸ دقیقه تعیین گردید (۴).

۲-۲-۲- تولید ماست پروبیوتیک

برای تهیه کشت اولیه، پودر آغازگرهای ماست و باکتری پروبیوتیک ل. اسیدوفیلوس به ۵۰۰ میلی‌لیتر شیر بدون چربی استریل اضافه شد. بر طبق دستورالعمل شرکت تولیدکننده،

مصنوعی استفاده گردید. نتایج مدل‌سازی، سازگاری بسیار بالایی را بین داده‌های تجربی و مقادیر پیش‌بینی شده با ضریب تبیین بالایی ($R^2=0/9996$) را نشان داد. هدف از پژوهش حاضر، پیش‌گویی فعالیت رادیکال‌گیرندگی^۱، خواص حسی و زنده‌مانی آغازگرهای ماست حاوی عصاره‌های هیدروالکلی اسپیرولینا پلاتنسیس و چویل با شبکه عصبی مصنوعی بوده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

مواد اولیه مصرفی شامل پودر ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (سینا ریزجلبک، قشم، ایران)، اندام‌های هوایی گیاه چویل (عطاری معتبر، کرمانشاه، ایران)، پودر آغازگرهای ماست با نام تجاری YC-380، DVS، از نمایندگی شرکت کریستین هانسن (دانمارک)، محیط کشت «MRS-bile Agar، شیرخشک پس‌چرخ، فُئول‌فئالین، محلول رینگر و بافر (تامپون) (محلول ۴ و ۷)، اتانول ۹۹/۷۰ درصد (اتانول خالص)، مُعرف فولین - سیوکالتو^۳، آلومینیوم کلراید (محلول ۱۰ درصد) و استات پتاسیم همگی از شرکت مرک آلمان، محلول ۲،۲- دی فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل (DDPH)^۴ (مدل D913-2، وزن مولکولی ۳۹۴/۳۲، از نمایندگی سیگما، آمریکا و هیدروکسید سدیم از شرکت پترو گوهر پارس، ایران بود. تجهیزات و دستگاههای مورد استفاده شامل سانترفیوژ (EBA 12 R، شرکت سیگما آلدریچ، آمریکا)، ترازوی دیجیتال (مدل TE1535، شرکت Sartorius، آلمان)، بن‌ماری‌درب‌دار (مدل BE-500، شرکت میرت، آلمان)، حمام اولتراسونیک (مدل FS-60، Fisher scientific، با فرکانس ۴۰ کیلو هرتز، آلمان)، pH متر دیجیتال (HANNA مدل H18314، آلمان)، پلیت، لوله آزمایش، ارلن (شرکت TGI، آلمان)، انکوباتور (EYELA،

1 - Artificial Neural Networks
2 - Free Radical Scavenging Activity
3 - Folin-Ciocalteu
4-2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl

متانول انجام گرفت. جذب هر یک از نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد (۴۵).

۲-۲-۴- شمارش باکتری‌های آغازگر ماست

در این پژوهش، از محیط کشت بروموکروزول گرین وی آگار (BGWA) استفاده شد. در حین تخمیر در فواصل زمانی یک ساعت یکبار، از زمان صفر یک نمونه از انکوباتور خارج شده و در داخل محلول استریل پیتون واتر (۱/۰ درصد) تا 10^{-8} برابر رقیق شد. سپس از رقت‌های موردنظر، ۰/۱ میلی‌لیتر برداشته و در داخل پلیت‌های استریل به صورت عمقی کشت داده شد. محیط کشت BGWA از قبل آماده شده، در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به داخل پلیت‌ها ریخته و و پلیت‌ها در شرایط بی‌هوازی به مدت ۴۸ داخل انکوباتور EYELA در دمای ۴۳ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری گردید. بعد از سپری شدن زمان گرمخانه‌گذاری، شمارش هر کدام از باکتری‌ها با استفاده از پرگنه‌شمار انجام شد. بر روی محیط مذکور استرپتوکوکوس ترموفیلوس کلنی‌های سبز رنگ با قطر ۱/۵-۱ میلی‌متر و لبه‌های صاف تولید کرد، در حالی که لاکتوباسیلوس بولگاریکوس تولید کلنی‌هایی با مرکز سبز و هاله سفید تولید نمود که اندازه آنها بزرگتر بوده (۲/۵-۲ میلی‌متر) و لبه‌های نامنظم داشت (۴۳). نمونه‌های تخمیر شده به مدت یک شب در دمای یخچال نگهداری شده و از روز بعد، انجام آزمایشات مورد نظر بر روی آن‌ها آغاز شد.

۲-۲-۵- ارزیابی ویژگی‌های حسی ماست

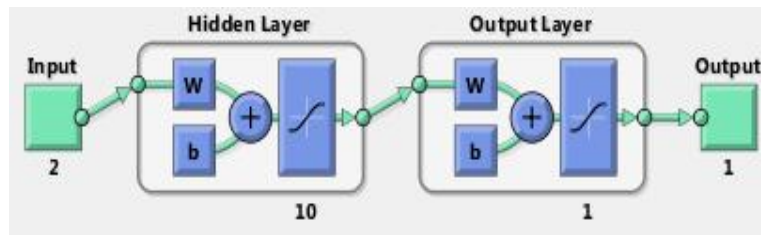
نمونه‌های ماست تهیه شده به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شدند. پس از طی این مرحله، جهت انجام ارزیابی حسی، پس از برگزاری آزمون‌های حسی مقدماتی و قرار دادن یک نمونه تکراری در هر بار آزمون، در نهایت از ۱۵ ارزیابی حسی، ۱۲ نفر که از بیشترین دقت در ارزیابی و تشخیص نمونه‌های مشابه برخوردار بودند، برای آزمون حسی

برای رسیدن به جمعیت میکروبی باکتری پروبیوتیک cfu/g 10^8 تلقیح انجام گردید. به این صورت که ابتدا محتویات یک واحد از آغازگر و یک واحد از سویه پروبیوتیک، هر کدام به یک لیتر شیر پاستوریزه کم چرب منتقل شده، سپس یک میلی‌لیتر از این مخلوط‌ها به هر کدام از نمونه‌ها اضافه گردید (۶). جهت تولید ماست، مقدار ۲ درصد وزنی - وزنی شیر خشک پس چرخ با هدف افزایش مواد جامد محصول به شیر با چربی ۱/۵ درصد اضافه شده و سپس عملیات حرارتی (۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه) در حمام آب گرم مجهز به سیستم تنظیم دمایی اعمال گردید. بعد از آن، دمای شیر به ۴۲-۴۳ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. جهت تولید ماست پروبیوتیک، به منظور سازگاری بیشتر سویه پروبیوتیکی با شرایط موجود در شیر، ابتدا مقدار ۲/۵ درصد وزنی / وزنی ل. اسیدوفیلوس به ظروف استریل حاوی ۲۵۰ میلی‌لیتر شیر پاستوریزه تلقیح شد. در ادامه، آغازگرهای ماست به میزان ۲ درصد وزنی / وزنی و عصاره‌های مربوطه مطابق فرمولاسیون (جدول ۱) به ظروف تزریق شد. سپس نمونه‌ها در انکوباتور ۴۰ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری گردید تا pH آنها به حدود ۴/۵-۴/۶ برسد. پس از آن، تا دمای ۴-۶ درجه سانتی‌گراد سرد شده و بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در یخچال، آزمایشات زیر بر روی تمام تیمارهای مورد بررسی انجام گردید (۶). تیمارهای ماست حاوی سطوح مختلف عصاره چویل (درصد): A (۰/۱)، B (۰/۲)، C (۰/۳)، D (۰/۴)، E (۰/۵)، F (۰/۶)، G (۰/۷)، H (۰/۸)، I (۰/۹)، J (۱) و سطوح مختلف عصاره اسپیرولینا (درصد): K (۰/۱)، L (۰/۲)، M (۰/۳)، N (۰/۴)، O (۰/۵)، P (۰/۶)، Q (۰/۷)، R (۰/۸)، S (۰/۹) و T (۱) و نمونه کنترل که فاقد هر گونه عصاره بود.

۲-۲-۳- ارزیابی خصوصیات آنتی‌اکسیدانی ماست

اندازه‌گیری قدرت آنتی‌اکسیدانی نمونه ماست پروبیوتیک تولید شده توسط محلول DDPH با وزن مولکولی ۳۹۴/۳۲ و

بازدارندگی، شمارش میکروبی و خواص حسی نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی سطوح مختلف عصاره اسپیرولینا پلاتنسیس و عصاره گیاه چویل، از شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. سطوح عصاره‌ها (از صفر تا ۱ درصد) و زمان نگهداری (۲۱ روز) به عنوان ورودی‌های شبکه در نظر گرفته شد و پارامترهای فوق هر یک به تفکیک به عنوان خروجی شبکه تعیین گردید. شبکه عصبی با یک و دو لایه پنهان، تعداد ۲ تا ۱۰ نرون به طور تصادفی انتخاب و قدرت شبکه در پیش‌بینی پاسخ‌های مورد بررسی تخمین زده شد. برای ایجاد شبکه عصبی پس انتشار پیشخور، تابع فعال‌سازی تانژانت سیگموئید هیپربولیکی $[\tan h = e^x - e^{-x} / e^x + e^{-x}]$ برای لایه‌های ورودی و خروجی استفاده شد و در نهایت، تعداد نرون‌ها برابر با ۱ در نظر گرفته شد.



شکل ۱- شماتیک شبکه عصبی پس انتشار چند لایه برای پیش‌بینی داده‌های آزمایشگاهی با احتساب لایه‌های ورودی، میانی و خروجی.

گوناگون اعمالی انتخاب گردیده و جهت آموزش شبکه استفاده شدند. ۱۵ درصد داده‌ها نیز به منظور اعتبار سنجی و نهایتاً ۲۵ درصد باقیمانده داده‌ها که در مراحل آموزش و اعتبارسنجی استفاده نشده بودند، برای تست شبکه طراحی شده به کار رفت (شکل ۱). برای آموزش شبکه عصبی مصنوعی از قانون یادگیری پس انتشار خطا استفاده شد.

۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز آماری داده‌ها با نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد ($p < 0/05$) انجام شد. تمامی نمودارها با نرم افزار Excel 2013 رسم گردید. تست نرمال بودن داده‌ها

انتخاب شدند. ۳۰ گرم از هر نمونه ماست با دمای ۵-۴ درجه سانتی‌گراد در اختیار ارزیابان حسی قرار گرفت. محل ارزیابی در طول آزمون حسی ثابت بود و زمان آزمون‌های حسی حدود ساعت ۱۰ صبح انتخاب گردید. ارزیابی حسی مطابق روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (از بسیار مطلوب تا بسیار نامطلوب) انجام گردید و صفات رنگ، طعم، قوام و پذیرش کلی نمونه‌ها توسط ارزیابان حسی مورد بررسی قرار گرفت (۱۳، ۲۹).

۲-۲-۶- پیش‌بینی نتایج آزمایشات با شبکه عصبی مصنوعی
برای پیاده‌سازی شبکه‌های عصبی، آموزش و ارزیابی آنها از جعبه ابزار شبکه عصبی و نرم افزار متلب استفاده شد. با توجه به داده‌های آزمایشگاهی، به منظور پیش‌بینی تغییرات فعالیت

الگوی یادگیری لوبرگ - مارکوات^۱، چرخه یادگیری ۱۰۰۰ و معیارهای ارزیابی ضریب همبستگی^۲ (R^2)، میانگین مربعات خطا (MSE)^۳، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)^۴ و میانگین قدر مطلق خطا (MAE)^۵، میانگین قدر مطلق نسبت (درصد) خطا (MAPE)^۶ یا میانگین قدر مطلق درصد انحراف (MAPD)^۷ ایجاد و جهت ارزیابی شبکه استفاده شد. بدین ترتیب، ۶۰ درصد داده‌ها به صورت تصادفی و از تیمارهای

- 1- Levenberg-Marquardt
- 2- Correlation Coefficient
- 3- Mean Square Error
- 4- Root Mean Squared Error
- 5- Mean Absolute Error
- 6- Mean Absolute Percentage Error
- 7- Mean Absolute Percentage Deviation

به روش کمولوگروف اسمیرنوف با نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد و تمام داده ها نرمال بود.

عصاره اسپیرولینا مربوط می شد که با نمونه کنترل تفاوت معنی داری داشت ($p < 0/05$). در روز پایانی، میزان فعالیت بازدارندگی تیمارهای حاوی سطوح مختلف عصاره چویل بیشتر از تیمارهای محتوی عصاره اسپیرولینا بود. این نتیجه به طور مستقیم به واسطه وجود انواع ترکیبات زیست فعال با ویژگی شاخص آنتی اکسیدانی و به طور مشخص ترکیبات فنولی بیشتر در عصاره چویل و نیز بیوستر ترکیبات آنتی اکسیدانی توسط باکتری های آغازگر ماست شامل لاکتوباسیلوس دلبروکی زیر گونه بولگاریکوس و استرپتوکوکوس ترموفیلوس و باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس بود (۳۴).

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج ارزیابی فعالیت بازدارندگی رادیکال آزاد

مطابق جدول ۱، در روز اول با افزایش سطح عصاره، میزان فعالیت بازدارندگی افزایش یافت. در روز هفتم، بیشترین میزان فعالیت بازدارندگی به تیمار حاوی ۰/۹ و نیز ۱ درصد عصاره چویل مربوط می شد که با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشتند ($p > 0/05$)، اما تفاوت آنها با سایر تیمارهای مورد بررسی و نمونه کنترل کاملاً معنی دار بود ($p < 0/05$). در روز چهاردهم، کمترین فعالیت بازدارندگی مربوط به تیمار حاوی ۰/۴ درصد

جدول ۱- روند تغییرات فعالیت بازدارندگی نمونه های ماست پروبیوتیک طی زمان نگهداری.

تیمارها	زمان نگهداری			
	روز اول	روز هفتم	روز چهاردهم	روز بیست و یکم
شاهد	۴۴/۴۷±۰/۴ ^{B,f}	۴۵/۵۲±۰/۵۱ ^{A,g}	۴۲/۳۳±۱/۱۵ ^{B,fg}	۳۵/۰۰±۱/۰۰ ^{C,k}
A	۴۹/۶۲±۱/۵۳ ^{C,cd}	۵۱/۰۰±۱/۰۰ ^{BC,e}	۵۹/۰۰±۱/۲۵ ^{A,cd}	۵۲/۳۱±۰/۵۸ ^{B,e}
B	۵۰/۶۹±۱/۵۰ ^{C,c}	۶۰/۰۰±۱/۰۰ ^{A,d}	۵۹/۶۷±۱/۵۳ ^{A,c}	۵۴/۰۰±۰/۹۳ ^{B,d}
C	۴۹/۰۰±۱/۰۰ ^{D,cd}	۶۳/۳۳±۱/۴۸ ^{A,c}	۵۷/۰۰±۱/۰۰ ^{B,d}	۵۴/۰۰±۰/۸۵ ^{C,d}
D	۵۱/۰۰±۱/۰۰ ^{C,c}	۶۴/۰۰±۱/۰۵ ^{A,c}	۶۲/۷۰±۲/۵۲ ^{A,c}	۵۶/۰۰±۱/۰۰ ^{B,c}
E	۵۱/۰۰±۱/۰۰ ^{C,c}	۶۵/۰۰±۱/۰۰ ^{A,c}	۵۹/۶۶±۱/۵۸ ^{B,c}	۵۹/۰۰±۱/۰۰ ^{B,b}
F	۵۴/۰۰±۱/۰۰ ^{C,b}	۵۹/۶۷±۰/۵۸ ^{A,d}	۵۸/۶۷±۱/۵۳ ^{AB,cd}	۵۷/۰۰±۱/۱۴ ^{B,bc}
G	۵۴/۰۰±۱/۰۹ ^{C,b}	۶۹/۲۷±۱/۱۹ ^{A,b}	۶۷/۷۰±۲/۴۸ ^{A,b}	۶۰/۰۰±۲/۰۰ ^{B,b}
H	۵۶/۰۰±۱/۰۰ ^{C,ab}	۶۶/۳۳±۱/۵۳ ^{A,c}	۶۰/۰۰±۱/۰۰ ^{B,c}	۵۹/۶۷±۱/۵۳ ^{B,b}
I	۵۴/۶۷±۰/۵۸ ^{C,b}	۷۲/۶۷±۱/۵۳ ^{A,a}	۷۳/۰۰±۱/۰۰ ^{A,a}	۶۵/۰۰±۰/۹۵ ^{B,a}
J	۵۸/۰۰±۱/۰۰ ^{C,a}	۷۲/۶۷±۱/۵۲ ^{A,a}	۷۳/۰۰±۱/۰۰ ^{A,a}	۶۵/۰۰±۱/۰۰ ^{B,a}
K	۴۱/۰۰±۱/۰۰ ^{BC,h}	۴۲/۳۳±۰/۵۸ ^{AB,i}	۴۳/۰۰±۱/۰۰ ^{A,f}	۴۰/۰۰±۱/۰۰ ^{C,ij}
L	۴۳/۰۰±۰/۰۰ ^{B,g}	۴۵/۶۷±۰/۵۸ ^{A,g}	۴۲/۶۷±۲/۰۸ ^{B,fg}	۳۹/۰۰±۱/۰۰ ^{C,j}
M	۴۲/۰۰±۱/۰۰ ^{BC,gh}	۴۴/۳۳±۰/۵۸ ^{A,h}	۴۳/۷۰±۱/۳۹ ^{AB,f}	۴۰/۰۰±۱/۰۰ ^{C,ij}
N	۴۲/۶۷±۰/۵۸ ^{A,g}	۴۴/۰۰±۱/۰۰ ^{A,h}	۳۹/۶۷±۱/۵۳ ^{B,g}	۳۹/۶۲±۱/۰۶ ^{B,j}
O	۴۴/۶۲±۱/۵۳ ^{B,ef}	۴۸/۰۰±۱/۰۰ ^{A,f}	۴۹/۳۳±۲/۰۸ ^{A,e}	۴۱/۳۳±۰/۵۸ ^{C,i}
P	۴۵/۳۳±۰/۵۸ ^{B,ef}	۴۸/۰۰±۱/۰۰ ^{A,f}	۴۸/۳۰±۱/۵۳ ^{A,e}	۴۲/۶۷±۰/۵۸ ^{C,gh}
Q	۴۶/۰۰±۱/۰۰ ^{B,de}	۴۸/۰۰±۱/۰۰ ^{AB,f}	۵۰/۳۳±۱/۳۷ ^{A,e}	۴۱/۰۰±۱/۰۰ ^{C,ij}
R	۴۷/۶۷±۰/۵۸ ^{B,d}	۴۹/۰۰±۱/۰۰ ^{B,ef}	۵۱/۶۷±۱/۵۳ ^{A,e}	۴۲/۰۰±۱/۰۰ ^{C,hi}
S	۴۶/۳۳±۱/۱۶ ^{B,de}	۴۸/۰۰±۱/۰۰ ^{AB,f}	۵۰/۳۳±۱/۴۸ ^{A,e}	۴۶/۰۰±۱/۰۰ ^{B,f}
T	۴۶/۳۳±۰/۵۸ ^{B,e}	۴۹/۰۰±۱/۰۰ ^{A,ef}	۵۱/۳۳±۱/۵۳ ^{A,e}	۴۴/۰۰±۰/۷۸ ^{C,g}

آستاگزانتین یکی از رنگدانه‌های موجود در عصاره اسپیرولینا پلاتنسیس است که بخشی از خاصیت آنتی‌اکسیدانی این عصاره را موجب شده است (۳۹). باکتری‌های اسید لاکتیک دارای فعالیت بالای آنتی‌اکسیدانی است که می‌تواند موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در ماست و ممانعت از پراکسیداسیون چربی شود (۴۸). گیائی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی خواص کیفی ماست‌های طعم‌دار حاوی عصاره توت فرنگی و چغندر قرمز نتیجه‌گیری کردند که روند تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های ماست حاوی عصاره از روز اول تا هفتم، روز هفتم تا چهاردهم و از روز چهاردهم تا بیست و یکم به ترتیب افزایشی (۵۱/۹۶ درصد)، کاهش (۵۰/۰۸ درصد) و افزایشی (۵۳/۴ درصد) بود (۵). همچنین، جانگ و همکاران^۱ (۲۰۰۹) گزارش نمودند که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ماست غنی‌شده با عصاره جینسینگ قرمز طی نگهداری یخچالی کاهش می‌یابد.

۲-۳- نتایج شمارش آغازگرهای ماست

مطابق جدول ۲، طی روزهای اول تا هفتم، تعداد باکتری‌ها حدود یک سیکل لگاریتمی افزایش و بعد از آن تا روز پایانی، کاهش یافت. اما حداقل تعداد هر دو آغازگر بیش از حد استاندارد تعیین شده آغازگرها در ماست بود. به طور کلی، تعداد باکتری‌ها در تیمارهای حاوی عصاره اسپیرولینا به طور معنی‌داری بیش از تیمارهای حاوی عصاره چویل بود

(جدول ۲). سطوح بیشتر از هر دو عصاره، بالاترین تعداد باکتری را در روز پایانی نشان داد. مطالعات انجام شده در مورد تأثیر زیست توده اسپیرولینا بر رشد باکتری‌های اسید لاکتیک نشان دهنده اثر تقویت‌کنندگی رشد و افزایش زنده‌مانی آن‌ها در طول دوره نگهداری است. گزارش شده است که زیست توده اسپیرولینا باعث افزایش معنی‌داری تعداد سلول‌های فعال لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس در ماست می‌گردد (۱۲). همچنین افزایش معنی‌دار در تولید اسید در طول تخمیر توسط برخی گونه‌های باکتری‌های اسید لاکتیک در حضور پودر زیست توده اسپیرولینا به میزان ۳g/lit گزارش شده است (۱۵). در عین حال، مطابق با پژوهش‌های گایمونده و همکاران^۲ (۲۰۰۴) و آکالین و همکاران^۳ (۲۰۰۹) زنده‌مانی لاکتوباسیلوس بولگاریکوس در ماست‌های غنی‌شده با اسپیرولینا پلاتنسیس در حد بالایی نبوده است. از روز اول تا هفتم، روند افزایشی و بعد از آن تا پایان زمان نگهداری تیمارها، روندی کاهش‌ی در میانگین اعداد ترموفیلوس وجود داشت. در مطالعه ابو - تاربوش (۱۹۹۶)^۴ تعداد استرپتوکوکوس ترموفیلوس تا روز پنجم بیش از لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس بود و بعد از آن به تدریج کاهش بیشتری در مقایسه با سویه لاکتوباسیلوس داشت. این نتیجه با یافته‌های برخی محققین نظیر عبدالرحمان و همکاران^۵ (۲۰۰۹) در تضاد است.

2- Gueimonde et al

3- Akalin et al

4- Abu-Tarboush

5- Abdel Rahman et al

1- Jung et al

جدول ۲- روند تغییرات شمارش لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس و استرپتوکوکوس ترموفیلوس نمونه های ماست طی زمان نگهداری.

تیمارها	زمان (روز)				زمان (روز)			
	اول	هفتم	چهاردهم	بیست و یکم	اول	هفتم	چهاردهم	بیست و یکم
	لاکتوباسیلوس بولگاریکوس				استرپتوکوکوس ترموفیلوس			
شاهد	۷/۷۷±۰/۰۶ B,abc	۸/۶۶±۰/۱۷ A,ab	۷/۳۹±۰/۰۲ C,e	۷/۰۷±۰/۰۶ D,de	۷/۵۴±۰/۰۶ A,bc	۷/۳۴±۰/۱۱ B,bcd	۷/۱۲±۰/۰۲ C,d	
A	۷/۱۹±۰/۰۲ B,i	۷/۸۳±۰/۰۳ A,d	۷/۱۱±۰/۱۰ BC,gh	۷/۰۷±۰/۰۶ C,de	۷/۱۰±۰/۰۳ A,e	۷/۱۳±۰/۰۳ A,f	۷/۱۱±۰/۰۳ A,d	
B	۷/۱۸±۰/۰۳ B,i	۷/۶۵±۰/۰۵ A,e	۷/۰۳±۰/۰۶ C,h	۷/۰۷±۰/۰۵ C,de	۷/۱۲±۰/۰۲ A,e	۷/۰۷±۰/۰۶ AB,f	۷/۰۳±۰/۰۴ B,e	
C	۷/۲۰±۰/۰۱ B,i	۷/۸۵±۰/۰۴ A,d	۷/۰۷±۰/۰۶ C,h	۷/۰۷±۰/۰۸ C,de	۷/۰۷±۰/۰۶ A,e	۷/۱۲±۰/۰۴ A,f	۷/۰۶±۰/۰۵ A,de	
D	۷/۱۷±۰/۰۴ B,i	۷/۷۲±۰/۱۰ A,de	۷/۱۳±۰/۰۵ B,gh	۷/۰۷±۰/۰۶ B,de	۷/۰۹±۰/۰۸ A,de	۷/۰۷±۰/۰۵ A,f	۷/۰۷±۰/۰۶ A,de	
E	۷/۲۰±۰/۰۲ B,i	۸/۰۹±۰/۰۸ A,c	۷/۱۸±۰/۰۳ B,g	۷/۰۰±۰/۰۱ C,e	۷/۱۴±۰/۰۴ AB,de	۷/۰۳±۰/۰۷ B,f	۷/۰۷±۰/۰۵ B,de	
F	۷/۱۶±۰/۰۵ B,i	۷/۵۹±۰/۱۸ A,e	۷/۱۳±۰/۰۵ B,gh	۷/۱۱±۰/۰۳ B,cd	۷/۱۷±۰/۰۲ B,d	۷/۱۶±۰/۰۴ B,ef	۷/۱۲±۰/۰۳ B,cd	
G	۷/۳۳±۰/۰۴ B,gh	۸/۵۸±۰/۰۸ A,b	۷/۱۹±۰/۱۰ C,fg	۷/۱۲±۰/۰۱ C,cd	۷/۱۸±۰/۰۳ A,d	۷/۱۸±۰/۰۳ A,ef	۷/۱۲±۰/۰۲ B,d	
H	۷/۳۸±۰/۰۳ B,g	۸/۵۸±۰/۰۶ A,b	۷/۳۰±۰/۰۵ B,f	۷/۱۲±۰/۰۲ C,cd	۷/۲۰±۰/۰۲ A,d	۷/۱۸±۰/۰۳ A,ef	۷/۱۱±۰/۰۲ B,d	
I	۷/۴۵±۰/۰۱ B,f	۸/۵۴±۰/۱۵ A,ab	۷/۲۰±۰/۰۹ C,fg	۷/۱۱±۰/۰۱ C,d	۷/۳۴±۰/۰۷ A,c	۷/۲۱±۰/۰۵ B,e	۷/۱۱±۰/۰۲ C,d	
J	۷/۲۸±۰/۰۳ B,h	۸/۰۵±۰/۰۹ A,c	۷/۱۸±۰/۰۳ C,g	۷/۱۲±۰/۰۳ C,cd	۷/۱۴±۰/۰۴ B,de	۷/۱۳±۰/۰۴ B,f	۷/۱۱±۰/۰۲ B,d	
K	۷/۲۳±۰/۰۲ B,hi	۸/۵۳±۰/۱۱ A,ab	۷/۱۵±۰/۰۶ BC,gh	۷/۱۱±۰/۰۲ C,d	۷/۳۹±۰/۰۳ A,c	۷/۴۴±۰/۰۶ A,d	۷/۱۲±۰/۰۲ C,d	
L	۷/۶۲±۰/۰۱ B,d	۸/۶۵±۰/۱۰ A,ab	۸/۵۵±۰/۰۵ A,c	۷/۱۴±۰/۰۱ C,cd	۷/۴۵±۰/۰۵ A,c	۷/۴۵±۰/۰۶ A,d	۷/۱۴±۰/۰۱ C,cd	
M	۷/۴۳±۰/۰۱ B,f	۷/۷۱±۰/۰۳ A,e	۷/۳۸±۰/۰۷ B,ef	۷/۱۵±۰/۰۱ C,c	۷/۷۰±۰/۰۵ A,a	۷/۳۵±۰/۰۵ B,de	۷/۱۴±۰/۰۲ C,cd	
N	۷/۵۰±۰/۰۳ B,e	۷/۶۵±۰/۰۵ A,e	۷/۳۵±۰/۰۴ C,ef	۷/۱۷±۰/۰۲ D,c	۷/۶۵±۰/۰۵ A,ab	۷/۴۳±۰/۰۲ B,c	۷/۱۶±۰/۰۲ C,c	
O	۷/۸۴±۰/۰۱ C,a	۸/۷۵±۰/۰۵ A,a	۸/۴۶±۰/۰۲ B,d	۷/۲۶±۰/۰۴ D,b	۷/۶۳±۰/۰۴ A,ab	۷/۴۵±۰/۰۶ B,d	۷/۲۳±۰/۰۲ C,b	
P	۷/۸۱±۰/۰۴ B,ab	۸/۷۲±۰/۰۷ A,a	۸/۷۳±۰/۰۲ A,b	۷/۲۴±۰/۰۶ C,bc	۷/۵۹±۰/۰۶ A,ab	۷/۵۷±۰/۰۲ A,c	۷/۳۲±۰/۰۲ C,a	
Q	۷/۷۱±۰/۰۱ C,c	۸/۸۲±۰/۰۳ A,a	۸/۶۹±۰/۰۶ B,b	۷/۳۰±۰/۰۵ D,b	۷/۶۸±۰/۰۴ A,a	۷/۷۲±۰/۰۳ A,a	۷/۲۰±۰/۰۲ C,bc	
R	۷/۸۲±۰/۰۳ B,ab	۸/۷۸±۰/۱۰ A,a	۸/۸۰±۰/۰۵ A,a	۷/۳۱±۰/۰۷ C,b	۷/۵۵±۰/۰۵ B,bc	۷/۶۹±۰/۰۱ A,a	۷/۲۹±۰/۰۳ D,ab	
S	۷/۶۹±۰/۰۴ B,c	۸/۷۱±۰/۱۴ A,ab	۸/۷۷±۰/۰۳ A,ab	۷/۴۷±۰/۰۷ C,a	۷/۴۵±۰/۰۵ B,c	۷/۶۴±۰/۰۳ A,b	۷/۲۳±۰/۰۳ C,b	
T	۷/۷۹±۰/۰۲ B,b	۸/۷۷±۰/۱۱ A,ab	۸/۸۲±۰/۰۳ A,a	۷/۵۵±۰/۰۵ C,a	۷/۴۷±۰/۰۳ B,c	۷/۶۵±۰/۰۵ A,ab	۷/۳۱±۰/۰۱ C,a	

۳-۳- نتایج آزمایشات حسی

نشان دهنده مطلوبیت بیشتر رنگ نمونه های ماست حاوی عصاره این ریزجلبک در مقایسه با نمونه های محتوی عصاره چویل (نمونه های ماست به رنگ سفید با زمینه قهوه ای کمرنگ) در نزد گروه ارزیاب بود. در این راستا، در پژوهش محمدی الستی و همکاران (۱۳۹۵)، بین نمونه های ماست پروبیوتیک حاوی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، سطوح صفر، ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۸ درصد پودر اسپیرولینا پلاتنسیس و سطوح ۱۰ و ۱۳ درصد پودر برگ های آنزیم بری شده اسفناج، رنگ نمونه های حاوی ۱۰ درصد اسفناج و ۰/۵ درصد جلبک انتخاب شد که سبز نسبتاً روشن بود. بهبود رنگ ماست غنی شده با عصاره های گیاهی و میوه های مختلف در پژوهش های

بر اساس شکل ۲ با گذشت زمان تیمارهای مورد بررسی، از امتیازات رنگ کاسته شد که طی این زمان، امتیازات تیمارهای حاوی سطوح مختلف عصاره اسپیرولینا به طور معنی داری بیش از عصاره چویل بود ($p < 0/05$). نمونه کنترل (شاهد) در کل دوره نگهداری، امتیاز رنگ بیشتری را در مقایسه با دو گروه تیمار نشان داد و تفاوت آن از روز اول تا چهاردهم با کلیه تیمارها معنی دار بود ($p < 0/05$). با افزایش سطح عصاره چویل، امتیازات رنگ کاهش یافت. بالاترین سطح امتیازات رنگ متعلق به تیمارهای حاوی عصاره اسپیرولینا بود (نمونه های ماست به رنگ سفید با رگه های سبز رنگ) که

لاچمدیال و همکاران^۱ (۲۰۰۴)، یو و همکاران^۲ (۲۰۱۴) و کیم و همکاران^۳ (۲۰۰۹) گزارش شده است. در مقابل، در مطالعه نویان و هووانگ^۴ (۲۰۱۶)، رنگ نمونه‌های ماست غنی شده با ۳ درصد عصاره Aronia تحت تأثیر قرار نگرفت. با گذشت زمان از امتیازات طعم تیمارهای مورد بررسی کاسته شد که این کاهش طی روزهای چهاردهم تا بیست و یکم به طور معنی‌داری بیشتر بود. کاهش امتیازات طعم احتمالاً مربوط به تجمع متابولیت تخمیری پروبیوتیک‌ها نظیر اسید استیک و پراکسید هیدروژن در تیمارهای حاوی سطوح بالای عصاره به واسطه اثرات تحریک‌کنندگی عصاره‌ها می‌باشد (۱۶). شاید غلظت‌های بالای عصاره موجب تخریب شبکه ژل در ماست طی زمان نگهداری و به ویژه در روزهای پایانی گردید و بدین ترتیب، امتیازات قوام در این تیمارها کاهش یافت. از طرفی، احتمالاً سطوح بالای عصاره‌ها تأثیر تحریک‌کنندگی کمتری در مقایسه با سطوح پائین عصاره‌ها بر روی فعالیت آغازگرهای مولد آگزوپلی ساکارید داشت. در مورد

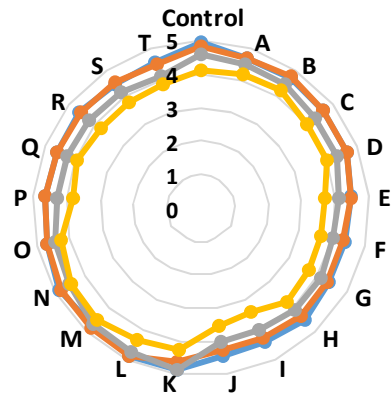
ل. اسیدوفیلوس، تمیم و رایینسون^۵ (۲۰۰۰) گزارش کردند که این سویه قادر به تولید انواع آگزوپلی ساکاریدها بوده و به نوبه خود موجب افزایش قوام ماست می‌شود. با گذشت زمان، از امتیازات «پذیرش کلی» نمونه‌های ماست کاسته شد که مهمترین دلیل آن، تجمع متابولیت تخمیری پروبیوتیک‌ها نظیر اسید استیک و پراکسید هیدروژن می‌باشد (۱۶). نتایج مطالعه روزان و همکاران^۶ (۲۰۱۷) در بررسی خواص کیفی ماست حاوی عصاره هویج و Roselle طی زمان نگهداری مطابقت دارد. امتیازات مربوط به تیمارهای حاوی سطوح پائین عصاره اسپیرولینا در مقایسه با سطوح بالای این عصاره و سطوح مختلف عصاره چویل به طور معنی‌داری بالاتر بود ($p < 0/05$). این نتیجه با نتایج پژوهش پارادا و همکاران^۷ (۱۹۹۸) در ارزیابی خواص کیفی ماست پروبیوتیک حاوی لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه کرموریس غنی‌سازی شده با اسپیرولینا پلاتنسیس مطابقت دارد.

-
- 1- Lutchmedial et al
 - 2 - Yu et al
 - 3- Kim et al
 - 4- Nguyen & Hwang

-
- 5- Tamime & Robinson
 - 6- Rozan et al
 - 7- Parada et al

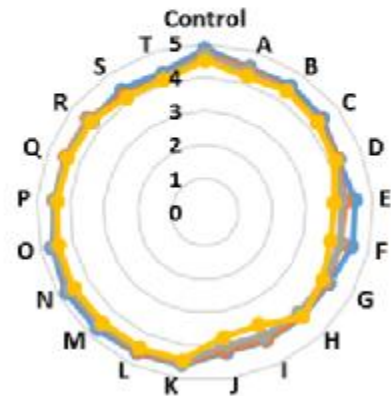
امتیاز طعم

روز 1 روز 7 روز 14 روز 21 روز



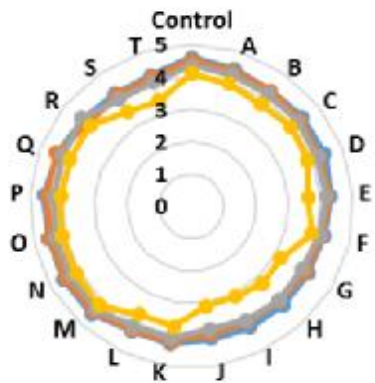
امتیاز رنگ

روز 1 روز 7 روز 14 روز 21 روز



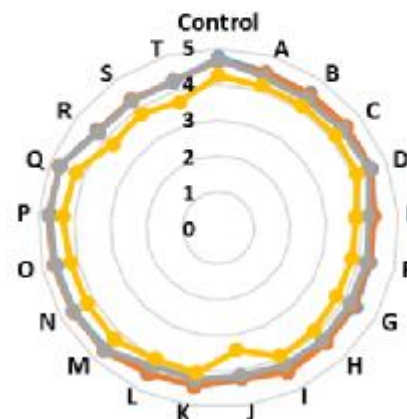
امتیاز پذیرش کلی

روز 1 روز 7 روز 14 روز 21 روز



امتیاز قوام

روز 1 روز 7 روز 14 روز 21 روز



شکل ۲- روند تغییرات امتیاز «رنگ» تیمارهای مورد بررسی طی زمان نگهداری.

درصد بود. بیشترین ضریب تبیین مربوط به عصاره اسپیرولینا و کم ترین متعلق به عصاره چویل بود. به همین ترتیب، کمترین میانگین مربعات خطا متعلق به عصاره اسپیرولینا و بیشترین میانگین متعلق به عصاره چویل بود. در هر حال، با توجه به ضریب تبیین، میانگین مربعات خطا و سایر پارامترهای موجود، مدل شبکه عصبی مصنوعی قدرت پیش بینی خوبی برای فعالیت بازدارندگی رادیکال آزاد داشت (جدول ۳).

۳-۴- پیش گویی نتایج حاصل از آزمایشات در مدل شبکه عصبی مصنوعی

۳-۴-۱- فعالیت بازدارندگی رادیکال آزاد

مطابق جدول ۳، ضریب تبیین تمام داده ها در مدل شبکه عصبی مصنوعی برای هر سه گروه مورد بررسی، بالاتر از ۰/۹۲

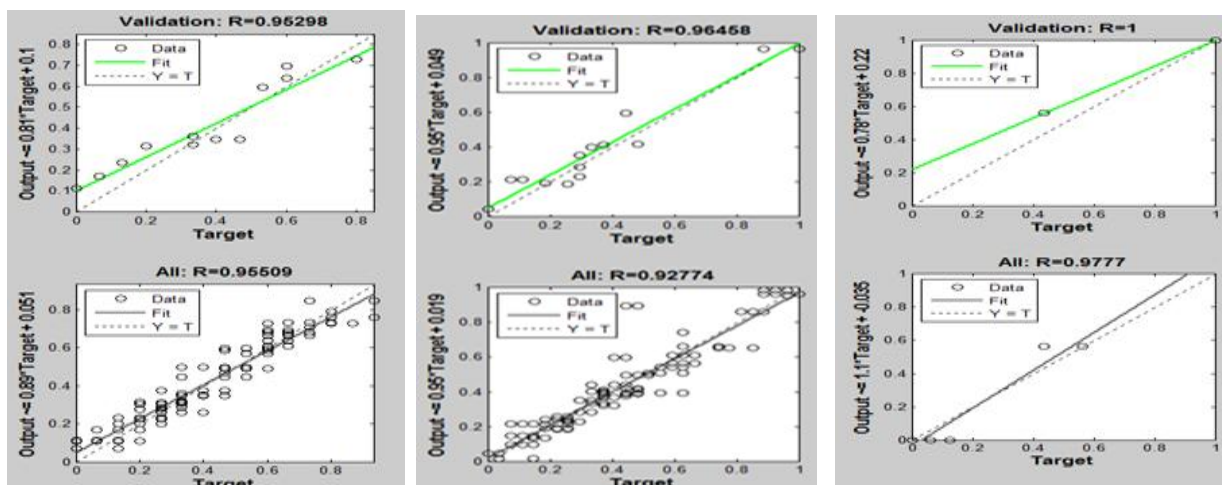
جدول ۳- مقایسه پارامترهای مدل‌سازی به‌دست‌آمده از داده‌های آزمایشگاهی و شبکه‌عصبی برای فعالیت بازدارندگی رادیکال در نمونه‌های ماست.

پارامترها*					مرحله در شبکه	نوع تیمار
MAE	MAPE	RMSE	MSE	R ²		
0/11818	0/2584	0/14888	0/022166	0/93733	تمام داده‌ها	نمونه کنترل
0/10862	0/20003	0/15231	0/023198	0/94546	داده‌های آموزش	
0/13729	0/37514	0/14178	0/020101	0/96281	داده‌های آزمون	
0/066249	0/64807	0/1018	0/010363	0/92155	تمام داده‌ها	عصاره چویل
0/062676	0/27659	0/094964	0/0090182	0/92774	داده‌های آموزش	
0/080539	2/134	0/12546	0/015741	0/90502	داده‌های آزمون	
0/058744	0/19603	0/07427	0/0055161	0/9527	تمام داده‌ها	عصاره اسپیرلینا
0/053413	0/1807	0/06764	0/0045752	0/95509	داده‌های آموزش	
0/080068	0/25736	0/096331	0/0092796	0/94998	داده‌های آزمون	پلاتنسیس

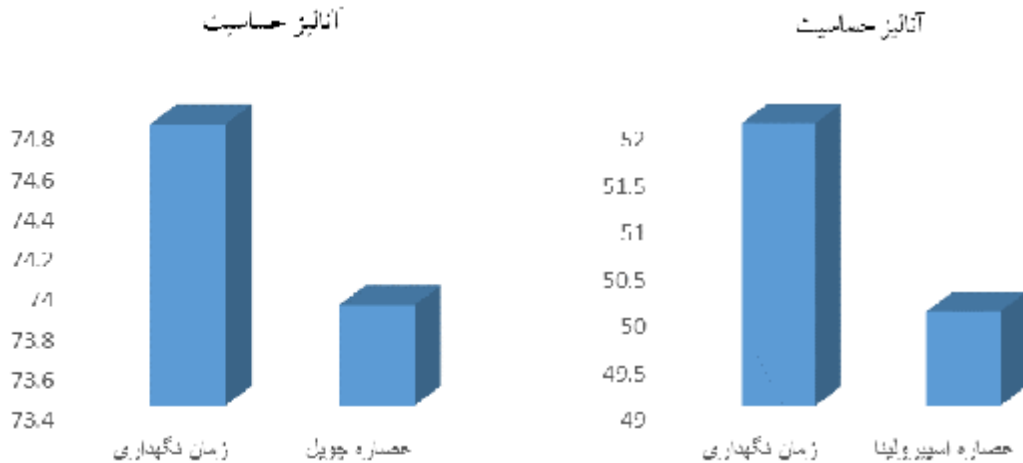
*R²: ضریب همبستگی؛ MSE: میانگین مربعات خطا؛ RMSE: مجذور میانگین مربعات خطا؛ MAPE: میانگین قدر مطلق نسبت (درصد) خطا؛ MAE: میانگین قدر مطلق خطا.

فعالیت بازدارندگی رادیکال آزاد هر سه گروه مورد ارزیابی را به خوبی پیش‌گویی نماید (شکل ۳). مطابق شکل ۴، عصاره چویل در سطوح صفر تا ۱ درصد و در مورد اسپیرولینا، زمان نگهداری طی ۲۱ روز در دمای یخچال بیشترین میزان تأثیر را طی پیش‌گویی تغییرات فعالیت بازدارندگی رادیکال آزاد داشت (شکل ۴).

مطابق شکل ۳ نمونه کنترل بالاترین ضریب رگرسیون را داشت که معادله رگرسیون خطی آن به صورت $y=1/1x+0/035$ بود. بین دو عصاره مورد ارزیابی، ضریب رگرسیون عصاره اسپیرولینا بیشتر بود که معادله آن به صورت $y=0/89x+0/051$ بود. برازش خروجی‌های شبکه در حد بالایی تعیین شد که نشان داد شبکه عصبی مصنوعی توانسته



شکل ۳- «آنالیز رگرسیون برای فعالیت بازدارندگی رادیکال آزاد نمونه‌های کنترل (راست)، عصاره چویل (میانی) و اسپیرولینا پلاتنسیس (چپ).



شکل ۴- نتایج آنالیز حساسیت فعالیت رادیکال گیرندگی با در نظر گرفتن غلظت عصاره‌ها و زمان نگهداری به وسیله شبکه عصبی بهینه سازی شده.

رگرسیون (۰/۹۹۶۷۱) را با معادله رگرسیون خطی $y=0/98x+0/0034$ داشت. بعد از آن، نمونه کنترل به ترتیب با ضریب و معادله رگرسیون خطی $y=0/95x+0/018$ و $y=0/94x+0/0089$ (۰/۹۷۷۰۹) با معادله خطی قرار داشت. پائین ترین میزان متعلق به عصاره چویل (۰/۹۷ درصد) تعیین شد که نشان داد شبکه عصبی قادر به پیش‌گویی روند تغییرات تعداد لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس هر سه گروه مورد ارزیابی است. ضریب تبیین تمام داده‌ها در مدل شبکه عصبی مصنوعی برای عصاره اسپرولینا، بیشترین میزان (۰/۹۶ درصد) بود و به ترتیب بعد از آن، نمونه کنترل (۰/۹۳ درصد) و عصاره چویل (۰/۷۷ درصد) قرار داشت.

۳-۲-۴- شمارش آغازگرهای ماست

مطابق جدول ۴، ضریب تبیین (تعیین) تمام داده‌ها در مدل شبکه عصبی مصنوعی برای هر سه گروه کنترل، عصاره چویل و عصاره اسپرولینا بالا (بیش از ۰/۹۷ درصد) بود. بیشترین ضریب تبیین بین دو عصاره، مربوط به عصاره اسپرولینا پلاتنسیس (۰/۹۸۸۹۲ درصد) بود که در مقایسه با نمونه کنترل (۰/۹۹۰۸۹ درصد) میزان کمتری را نشان داد. در مورد میانگین مربعات خطا، بین دو عصاره، عصاره اسپرولینا کمترین میانگین را نشان داد (۰/۰۲۸۱۸۲) (جدول ۴). با توجه به این دو پارامتر مدل سازی و نیز سایر پارامترهای موجود در جدول ۴ نظیر مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) می‌توان بیان کرد که مدل شبکه عصبی مصنوعی قدرت پیش‌بینی بالایی برای شمارش لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس داشته است. مطابق شکل ۵، عصاره اسپرولینا بالاترین ضریب

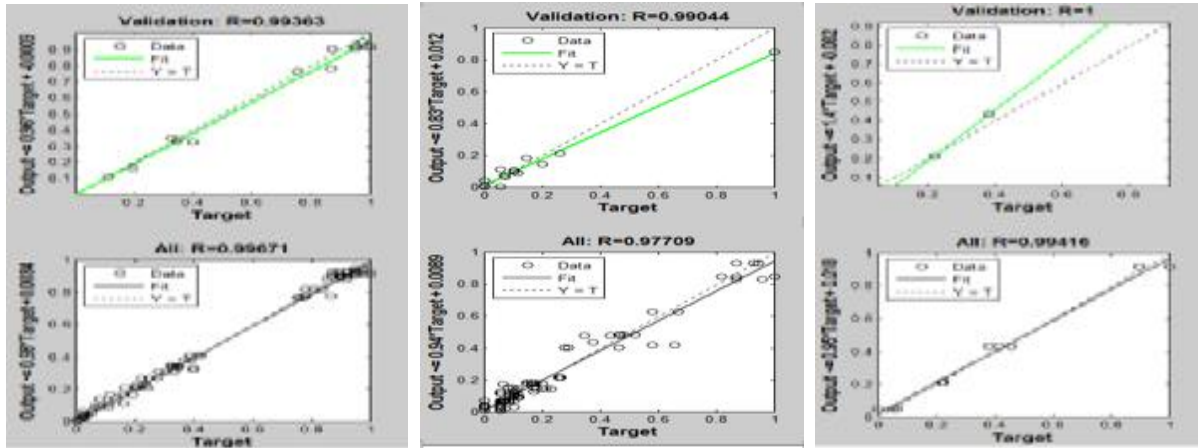
جدول ۴- مقایسه پارامترهای مدل‌سازی حاصل از داده‌های آزمایشگاهی و شبکه عصبی مصنوعی برای شمارش ل. بولگاریکوس در نمونه‌های ماست.

پارامترها					مرحله در شبکه	نوع تیمار
MAE	MAPE	RMSE	MSE	R ²		
۰/۰۳۳۳۴۳	۰/۱۶۲۷۳	۰/۰۴۵۳۵۹	۰/۰۰۲۰۵۷۴	۰/۹۹۰۸۹	تمام داده‌ها	نمونه کنترل
۰/۰۲۸۴۲۴	۰/۱۷۸۴۸	۰/۰۳۶۹۸۳	۰/۰۰۱۳۶۷۸	۰/۹۹۴۱۶	داده‌های آموزش	
۰/۰۵۷۹۳۹	۰/۰۸۳۹۴۶	۰/۰۷۴۲۰۱	۰/۰۰۵۵۰۵۷	۱	داده‌های آزمون	
0/039726	0/66156	0/057627	۰/۰۰۳۳۲۰۸	0.97449	تمام داده‌ها	عصاره چویل
0/038451	0/61825	0/055188	0/0030458	0.97709	داده‌های آموزش	
0/044822	0/83479	0/066491	0/004421	0.96289	داده‌های آزمون	
0/029284	0/46287	0/053086	0/0028182	0/98892	تمام داده‌ها	عصاره
0/020669	0/55275	0/029747	0/00088486	0/99671	داده‌های آموزش	اسپیرولینا
0/049385	0/25314	0/085611	0/0073292	0/97063	داده‌های آزمون	پلاتنسیس

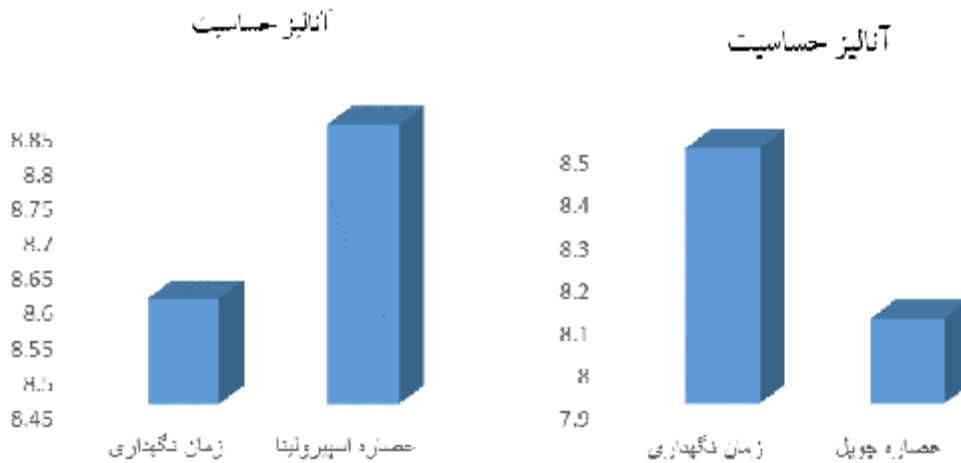
R^{2*}: ضریب همبستگی؛ MSE: میانگین مربعات خطا؛ RMSE: مجذور میانگین مربعات خطا؛ MAPE: میانگین قدر مطلق نسبت (درصد) خطا؛ MAE: میانگین قدر مطلق خطا.

عصاره اسپیرولینا، بالاترین میزان (۰/۹۶۶۳۷ درصد) را داشت که معادله رگرسیون خطی آن به شکل $y=1/0x+0/017$ بود. برآزش خروجی‌های شبکه نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی توانسته شمارش زنده استرپتوکوکوس ترموفیلوس هر سه گروه مورد ارزیابی را به خوبی پیش‌گویی نماید (شکل ۷). مطابق شکل ۸، در مورد اسپیرولینا، غلظت عصاره (صفر تا ۱ درصد) بالاترین تأثیر را طی پیش‌گویی تغییرات تعداد استرپتوکوکوس ترموفیلوس داشت، در حالی که در مورد عصاره چویل، هر دو پارامتر ورودی غلظت چویل (صفر تا ۱ درصد) و زمان نگهداری (۲۱ روز) تأثیر یکسانی (۷/۲۱) بر تعداد این سویه داشتند (شکل ۸).

از نظر میانگین مربعات خطا، عصاره اسپیرولینا کم‌ترین میزان را نشان داد (۰/۰۰۵۲۶۱۳). در رابطه با شمارش استرپتوکوکوس ترموفیلوس، مطابق جدول ۵ ضریب تبیین تمام داده‌ها در مدل شبکه عصبی مصنوعی برای عصاره اسپیرولینا، بیشترین میزان (۰/۹۶ درصد) بود و به ترتیب بعد از آن، نمونه کنترل و عصاره چویل قرار داشت. از نظر میانگین مربعات خطا، عصاره اسپیرولینا کمترین میزان را نشان داد. با توجه به ضریب تبیین پائین عصاره چویل، شبکه در پیش‌گویی تعداد ل. ترموفیلوس در تیمارهای حاوی این عصاره توانایی کمتری در مقایسه با عصاره اسپیرولینا و نمونه کنترل داشت (جدول ۵). بر اساس شکل ۷ از نظر ضریب رگرسیون کل،



شکل ۵- «آنالیز رگرسیون برای شمارش ل. بولگاریکوس نمونه های کنترل (راست)، عصاره چویل (میانی) و اسپیرولینا پلاتنسیس (چپ).

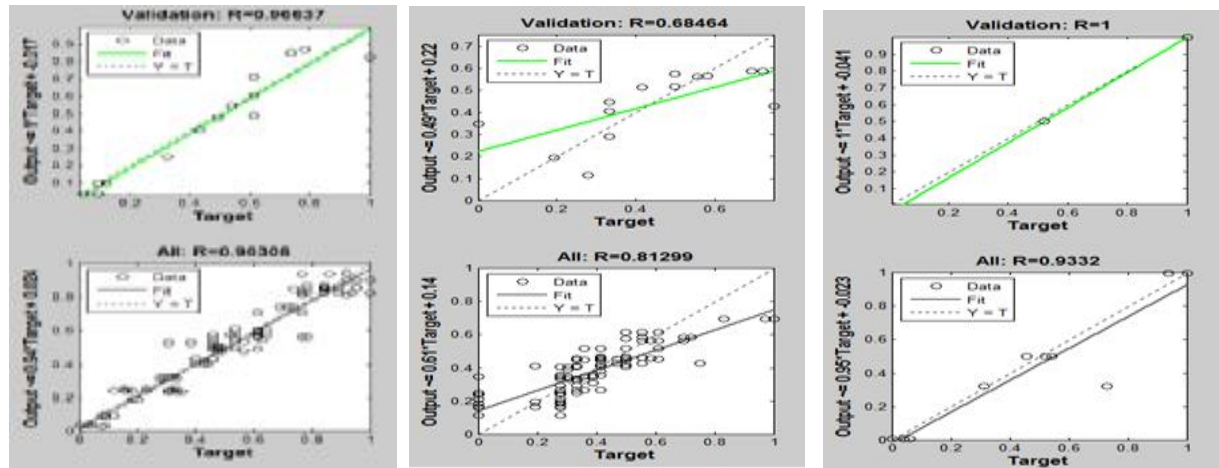


شکل ۶- نتایج آنالیز حساسیت شمارش ل. بولگاریکوس با در نظر گرفتن غلظت عصاره ها و زمان نگهداری به وسیله شبکه عصبی بهینه سازی شده.

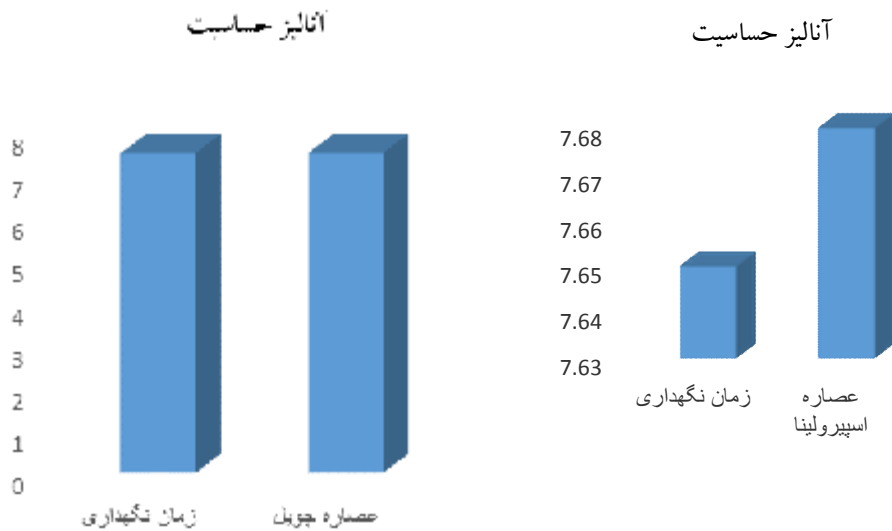
جدول ۵- مقایسه پارامترهای مدل سازی به دست آمده از داده های آزمایشگاهی و شبکه عصبی برای شمارش ل. ترموفیلوس در نمونه های ماست.

پارامترها		مرحله در شبکه			نوع تیمار
MAE	MAPE	RMSE	MSE	R ²	
۰/۰۷۵۰۱۶	۱/۱۹۶۷	۰/۱۳۲۳۳	۰/۰۱۷۵۱۳	۰/۹۳۳	نمونه کنترل
۰/۰۶۷۸۹۱	۱/۴۰۲۱	۰/۱۳۳۹۸	۰/۰۱۷۹۵۱	۰/۹۳۳۲	داده های آموزش
۰/۱۱۰۶۴	۰/۱۶۹۳	۰/۱۲۳۷۸	۰/۰۱۵۳۲۲	1	داده های آزمون
0/093182	0/30711	0/12064	0/014554	0/77505	تمام داده ها
0/087185	0/29159	0/11328	0/012831	0/81299	داده های آموزش
0/11717	0/36921	0/14643	0/021443	0/57601	داده های آزمون
0/054846	0/17575	0/072534	0/0052613	0/9625	تمام داده ها
0/055623	0/19003	0/07376	0/0054406	0/96306	داده های آموزش
0/051741	0/11862	0/067409	0/004544	0/96323	داده های آزمون

R²: ضریب همبستگی؛ MSE: میانگین مربعات خطا؛ RMSE: مجذور میانگین مربعات خطا؛ MAPE: میانگین قدر مطلق نسبت (درصد) خطا؛ MAE: میانگین قدر مطلق خطا.



شکل ۷- آنالیز رگرسیون برای شمارش ا. ترموفیلوس نمونه‌های کنترل (راست)، عصاره چویل (میانی) و اسپیرولینا پلاتنسیس (چپ).



شکل ۸- نتایج آنالیز حساسیت تعداد ا. ترموفیلوس با در نظر گرفتن غلظت عصاره‌ها و زمان نگهداری با شبکه عصبی بهینه سازی شده.

کم‌ترین میانگین مربعات خطا متعلق به عصاره چویل بود (۰/۰۰۱۱۸۹۹). بین دو عصاره مورد ارزیابی، عصاره اسپیرولینا ضریب تبیین بالاتر و کمترین میانگین مربعات خطا را داشت. در مورد امتیاز قوام، از نظر ضریب رگرسیون، عصاره اسپیرولینا، بالاترین میزان را داشت (جدول ۶). ضرایب و معادلات رگرسیون عصاره چویل و نمونه کنترل به ترتیب $y=0/78x+0/018$ و $y=0/94x+0/052$ و $0/۸۰۳۸۲$ ، $0/۹۶۰۵۰۷$ تعیین گردید. بین ضرایب تبیین تمام داده‌ها (مجموع آموزش

۳-۴-۳- خواص حسی

مطابق جدول ۶ بین ضرایب تبیین در پارامتر حسی رنگ، عصاره اسپیرولینا ضریب تبیین بالاتری در مقایسه با عصاره چویل داشت. کمترین میانگین مربعات خطا متعلق به عصاره اسپیرولینا بود. در مورد پارامتر طعم، ضریب تبیین تمام داده‌ها در مدل شبکه عصبی مصنوعی برای هر سه گروه مورد بررسی بسیار بالا بود و بیشترین میزان مربوط به نمونه کنترل و بین دو گروه تیمار، متعلق به عصاره چویل بود. بین دو عصاره،

نمونه کنترل بالاترین میزان را داشت که معادله رگرسیون آن به صورت $y=0/97x+0/019$ بود. بین دو عصاره، عصاره اسپیرولینا، ضریب رگرسیون بالاتری (۰/۹۲۳۷۹) را نشان داد که معادله رگرسیون آن خطی و به صورت $y=0/83x+0/1$ بود.

و آزمون)، عصاره اسپیرولینا، بالاترین ضریب تبیین و کم ترین میانگین مربعات خطا را در مورد قوام داشت. ضریب تبیین مربوط به نمونه کنترل بالاتر از دو عصاره مورد بررسی و بین دو عصاره، عصاره اسپیرولینا ضریب تبیین بالاتری در مورد امتیازات پذیرش کلی داشت. از نظر ضریب رگرسیون کل،

جدول ۶- مقایسه پارامترهای مدل سازی به دست آمده از داده های آزمایشگاهی و شبکه عصبی برای خواص حسی نمونه های ماست.

پارامترها		مرحله در شبکه			نوع تیمار	پارامتر حسی
MAE	MAPE	RMSE	MSE	R ²		
۰/۰۹۵۷۵۱	۰/۳۵۶۵۳	۰/0۱۰۷۸۴	۰/۰۱۱۶۲۹	۰/۹۴۳۴۴	تمام داده ها	نمونه کنترل
۰/۰۹۶۸۴۶	۰/۳۳۲۵۷	۰/0۱۱۱۰۱	۰/۰۱۲۳۲۴	۰/۹۳۶۶۸	داده های آموزش	
۰/۰۹۰۲۷۶	۰/۴۷۶۲۹	۰/۰۹۰۳۰۳	۰/۰۰۸۱۵۴۶	1	داده های آزمون	رتگ
0.035162	0.17697	0.088518	0.0078355	0.86393	تمام داده ها	عصاره چویل
0.036755	0.20413	0.096969	0.0094029	0.84733	داده های آموزش	
0.028789	0.068359	0.039571	0.0015659	0.96045	داده های آزمون	
0.047869	0.1793	0.071277	0.0050804	0.95275	تمام داده ها	عصاره اسپیرولینا
0.043636	0.15015	0.062633	0.0039228	0.95995	داده های آموزش	پلاتنسیس
0.054218	0.22302	0.082563	0.0068166	0.94416	داده های آزمون	
۰/۰۱۶۷۸۶	۰/۲۷۳۵۱	۰/۰۲۵۳۵۷	۰/۰۰۰۶۴۲۹۷	۰/۹۹۶۹۹	تمام داده ها	نمونه کنترل
۰/۰۱۵۲۹۸	۰/۰۲۳۱۷۲	۰/۰۲۳۱۷۲	۰/۰۰۰۵۳۶۹۲	۰/۹۹۷۷۱	داده های آموزش	
۰/۰۲۴۲۲۹	۰/۵۲۵۴۵	۰/۰۳۴۲۵۲	۰/۰۰۱۱۷۳۲	۰/99508	داده های آزمون	عصاره چویل
0.026321	0.089874	0.034494	0.0011899	0.99014	تمام داده ها	
0.023818	0.075808	0.030196	0.00091182	0.99256	داده های آموزش	طعم
0.036334	0.14614	0.047979	0.002302	0.97987	داده های آزمون	
0.042964	0.24568	0.066281	0.0043932	0.97218	تمام داده ها	عصاره اسپیرولینا
0.043561	0.25843	0.068469	0.0046881	0.97046	داده های آموزش	پلاتنسیس
0.040574	0.19467	0.056689	0.0032136	0.97757	داده های آزمون	
۰/۱۳۳۹۵	۰/۲۹۳۵۸	۰/۲۱۷۴۸	۰/۰۰۴۷۲۹۶	۰/۸۴۹۳۸	تمام داده ها	نمونه کنترل
۰/۱۵۹۷۶	۰/۲۰۰۹۷	۰/۲۵۷۹۸	۰/۰۶۶۵۵۱	۰/۶۷۵۸۱	داده های آموزش	
۰/۰۷۹۳۳۲	۰/۴۷۸۸۱	۰/۰۹۳۷۳	۰/۰۰۸۷۸۵۳	۰/۹۹۶۷۸	داده های آزمون	عصاره چویل
0.041769	0.080722	0.06286	0.0039513	0.95621	تمام داده ها	
0.036764	0.0772	0.057828	0.003344	0.96507	داده های آموزش	قوام
0.061791	0.094808	0.079878	0.0063804	0.9244	داده های آزمون	
0.026049	0.081437	0.033455	0.0011192	0.99097	تمام داده ها	عصاره اسپیرولینا
0.02488	0.077231	0.032241	0.0010395	0.99146	داده های آموزش	پلاتنسیس
0.030727	0.098261	0.037922	0.0014381	0.98921	داده های آزمون	
۰/۰۱۹۷۴۶	۰/۲۷۲۳۲	0/۰۲۴۰۵۱	۰/۰۰۰۵۷۸۴۶	۰/0۹۹۸۵۱	تمام داده ها	نمونه کنترل
۰/۰۱۸۱۹۴	۰/۳۲۰۸۸	۰/۰۲۱۹۱۸	۰/۰۰۰۴۸۰۴۱	۰/0۹۹۸۷۲	داده های آموزش	
۰۰۰۲۷۵۰۷	0/۰۲۹۵۵۹	۰/۰۳۲۶۹۱	۰/۰۰۱۰۶۸۷	1	داده های آزمون	عصاره چویل
0.10223	0.25049	0.13542	0.018339	0.90216	تمام داده ها	
0.10217	0.26701	0.13769	0.018959	0.9032	داده های آموزش	پذیرش کلی
0.10237	0.21196	0.12997	0.016891	0.89449	داده های آزمون	
0.048952	0.11219	0.068848	0.0047401	0.92379	تمام داده ها	عصاره اسپیرولینا
0.047897	0.11275	0.069102	0.0047751	0.92543	داده های آموزش	پلاتنسیس
0.053173	0.10992	0.067825	0.0046002	0.92969	داده های آزمون	

*R²: ضریب همبستگی؛ MSE: میانگین مربعات خطا؛ RMSE: مجذور میانگین مربعات خطا؛ MAPE: میانگین قدر مطلق نسبت (درصد) خطا؛ MAE:

میانگین قدر مطلق خطا.

به‌طور کلی، برازش خروجی‌های شبکه برای هر سه گروه تیمار در مورد کلیه پارامترهای حسی مورد بررسی در حد بالایی تعیین شد که نشان داد شبکه عصبی مصنوعی توانسته امتیازات پذیرش کلی هر سه گروه مورد ارزیابی را به خوبی پیش‌گویی نماید.

۴- نتیجه‌گیری

مطابق نتایج این پژوهش، میزان فعالیت بازدارندگی تیمارهای حاوی عصاره چویل بیشتر از عصاره اسپیرولینا بود و تیمار حاوی بالاترین سطح عصاره چویل، بیشترین فعالیت رادیکال‌گیرندگی را داشت. میانگین تعداد ل. بولگاریکوس در تیمارهای حاوی عصاره اسپیرولینا به طور معنی‌داری بیش از عصاره چویل بود. از طرفی، سطوح بیشتر از هر دو عصاره، بالاترین تعداد باکتری را در روز پایانی نشان داد. میانگین تعداد ا. ترموفیلوس در تیمارهای حاوی عصاره اسپیرولینا به طور معنی‌داری بیش از تیمارهای محتوی عصاره چویل بود. از نظر آزمون‌های حسی، امتیازات تیمارهای حاوی سطوح مختلف عصاره اسپیرولینا به طور معنی‌داری بیش از عصاره چویل بود. در مورد کلیه ویژگی‌های کیفی نمونه‌های ماست از نظر پیش‌گویی با مدل شبکه عصبی، شبکه‌ای با تعداد ۱۰ نرون در لایه پنهان و با کمک تابع فعال سیگموئیدی هیربولیکی و درصد داده‌های مورد استفاده برای آموزش/آزمون/ارزیابی برابر ۶۰ / ۱۵ / ۲۵ می‌توان به خوبی خواص کیفی ماست پروبیوتیک را پیش‌گویی نمود. آزمون حساسیت شبکه عصبی بهینه به خوبی اهمیت پیش‌گویی‌کنندگی پارامترهای غلظت عصاره چویل و اسپیرولینا و زمان نگهداری را بر تغییرات ویژگی‌های مورد آزمون نشان داد.

۵- منابع

۱. علوم غذایی و تغذیه، سال هشتم، شماره ۴، ۸۲-۷۳.
۲. آقاجانی، ع.، پوراحمد، ر. و مهدوی عادل، ح. ۱۳۹۱. تولید و نگهداری ماست سین بیوتیک حاوی لاکتوباسیلوس کازئی. فصلنامه علوم غذایی و تغذیه، سال دهم، شماره ۱، ۱۹-۲۲.
۳. آقاجانی، ع. ر. ۱۳۹۵. صنایع لبنی ۲. چاپ دوم. انتشارات تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.
۴. حیدری‌مجد، م.، مرتضوی، س.ع.، اصیلی، ج. و بلوریان، ش. ۱۳۹۱، بهینه‌سازی استخراج ترکیبات فنولیک از گیاه پونه گاوی (*Flomidoschema parviflora*) با استفاده از دستگاه اولتراسوند. فصلنامه داروهای گیاهی، سال سوم، شماره ۱، ۷-۱۳.
۵. غیائی، ح.، مقصدلو، ی.، خمیری، م.، صادقی ماهونک، ع. رف. ۱۳۹۱. فرمولاسیون ماست طعم-دار میوه‌ای قالبی با استفاده از رنگدانه طبیعی و بررسی ویژگی‌های آن. مجله علمی - پژوهشی علوم و فناوری غذایی، سال چهارم، شماره دوم، ۱-۹.
۶. مهجوریان، ع.، توکلی پور، ح. و مختاریان، م. ۱۳۹۳، مطالعه برخی خصوصیات ماست پروبیوتیک غنی شده با ریتینیت و کنسانتره پروتئینی آب پنیر، نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی، جلد ششم، شماره اول، ۱۱۸-۱۰۳.
7. Abdel Rahman, I.E., Dirar, H.A. and Osman, M.A. 2009. Microbiological and biochemical changes and sensory evaluation of camel milk fermented by selected bacterial starter cultures. *African Journal of Food Science*, 3(12): 398-405.
8. Abu-Tarboush, H.M.1996. Comparison of associative growth of yogurt starter in

۱. آقاجانی، ع.، پوراحمد، ر. و مهدوی عادل، ح. ۱۳۹۰. اثر ترکیبات پری‌بیوتیک بر روی ماست پروبیوتیک حاوی لاکتوباسیلوس کازئی. فصلنامه

- Supplementation of *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* algae into probiotic fermented milks. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12: 144-154.
17. Bensehaila, S., Benhadja, L., Doumandji, A., Bey, F. and Benzaiche, A. 2013. Effect of the Concentration of *Spirulina platensis* on the Growth of *Bifidobacterium breve*. *Journal of Life Sciences*, 7(12): 1219-1227.
 18. Bristone, C., Badau, M.H., Igwebuikwe, J.U. and Igwegbe, A.O. 2015. Production and evaluation of yoghurt from mixtures of cow milk, milk extract from soybeans and tiger nut. *World J. Dairy and Food Sci*, 10(2): 159-169.
 19. Charpe, T.W. and Rathod, V. K. 2012. Extraction of glycyrrhizic acid from licorice root using ultrasound: Process intensification studies, chemical engineering and processing: Process Intensification, 54: 37-41.
 20. Csutak, E. 2006. Influence of raw milk quality on *Lactobacillus acidophilus* multiplication and probiotic yogurt production. *Lucrari Stiintifice*, 52: 604-609.
 21. Gueimonde, M., Delgado, S., Baltasar, M., Ruas-Madiedo, P., Margolles, A. and Reyes-Gavilan, C.G. 2004. Viability and diversity of probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* populations included in commercial fermented milks. *Food Research International*, 37: 839-850.
 22. Gutierrez, J., Barry-Ryan, C. and Bourke, P. 2009. Antimicrobial activity of plant essential oils using food model media: Efficacy, synergistic potential and interactions with food components. *Food Microbiol*, 26: 142-150.
 23. Hadji Akhoondi, A., Aghel, N. and Etemadi, R. 2002. Chemical and biological study of essential oil of *Ferulago macrocarpa* (Fenzi) Boiss. *Hamdard Med*, 45: 35-38.
 24. Heywood, V.H., Brummitt, R.K., Culham, A. and Seberg, O. 2007. Flowering plant families of the world, New York, U.S, Firefly books.
 9. Aghajani, A.R. and Pourahmad, R. 2012. Effect of Lactulose and Inulin on Physicochemical and Microbial Properties of Synbiotic Yogurt. *Annals of Biological Research*, 3(12): 5692-5696.
 10. Aghajani, A. R., Pourahmad, R. and Mahdavi adeli, H. R. 2012. Evaluation of physicochemical changes and survival of probiotic bacteria in synbiotic yogurt. *Journal of Food Bioscience & Technology*, 2:13-22.
 11. Aghajani, A. R., Pourahmad, R. and Mahdavi adeli, H. R. 2014. Effect of oligofructose, lactulose and inulin mixture as prebiotic on physicochemical properties of synbiotic yogurt. *Journal of Food Bioscience & Technology*, 4(2):33-40.
 12. Akalin, A. S., Unal, G. and Dalay, M. C. 2009. Influence of *Spirulina platensis* biomass on microbiological viability in traditional and probiotic yogurts during refrigerated storage. *Italian Journal of Food Science*, 21: 357-364.
 13. Asadi Nezhad, SH., Habibi Najafi, M. B., Razavi, M.A. and Nasiri Mahalati, M. 2008. Effect of stabilizers and aging times on physicochemical and organoleptic properties of soft ice cream, 18th National Congress on Food Technology.
 14. Asghari, j., Touli, Ch., Mazaheritehrani, M. and Mahnaz, A. 2012. Comparison of the microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction of essential oils from *Ferulago angulate* (Schelcht.) Boiss. *European Journal of Medicinal Plants*, 2: 324-334.
 15. Asvanyi-Molnar, N., Sipos-Kozma, Z., Toth, A., Asvanyi, B. and Varga, L. 2009. Development of functional dairy food enriched in spirulina (*Arthrospira platensis*). *Tejgazdasag*, 69(2):15-22.
 16. Beheshtipour, H., Mortazavian, A. M., Mohammadi, R., Sohrabvandi, S. and Khosravi-Darani, K. 2013. whole milk from camels and cows. *Journal Dairy Science*, 79(3): 366- 371.

- journal of Food Microbiology*, 45: 225-228.
34. Patykowski, J., Majczak, A., Bergier, K. and Sklodowska, M. 2007. Ascorbate content and peroxidase activities in apple fruits during storage. *J. Fruit Orn. Plant Res*, 15: 21-33.
 35. Rodrigez-Garcia, I. and Guil-Guerro, J.L. 2008. Evaluation of the antioxidant activity of three microalgal species for use as dietary supplements and in the preservation of foods. *Food Chem*, 108: 1023-1026.
 36. Romay, C. 2003. C-Phycocyanin: a biliprotein with antioxidant, anti-inflammatory and neuroprotective effects. *Curr. Protein Pept. Sci*, 4(3): 207-216.
 37. Rozan, M., Darwish, A. and Bayomy, H. 2017. Effect of Roselle extract (*Hibiscus sabdariffa*) on stability of carotenoids, bioactive compounds and antioxidant activity of yoghurt fortified with carrot juice (*Daucus carota L.*). *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 12(2):94-101.
 38. Sharifi, F., Rafieirad, M. and Sazegar, H. 2015. Effects of *Ferulago angulata* extract against oxidative stress induced by 6-hydroxydopamine in rats. *Journal of Medicinal Plants*, 14(53): 34-44.
 39. Shimidzu, N., Goto, M. and Miki, W. 1996. Carotenoids as singlet oxygen quenchers in marine organisms. *Fisheries Science*, 62(1):134-137.
 40. Sofu, A. and Ekinci, F.Y. 2007. Estimation of storage time of yogurt with artificial neural network modeling. *Journal of Dairy Science*, 90(7): 3118-3125.
 41. Tabatabaei Yazdi, F., Alizadeh Behbahani, B. and Mortazavi, A. 2014. Investigating the MIC and MBC of the *Lavandula stoechas* and *Rosmarinus officinalis L.* extracts on pathogen bacterias *in vitro*. *Journal of Paramedical Sciences*, 5(5): 91-101.
 42. Tamime, A.Y. and Robinson, R. K. 2000. Yoghurt Science and Technology, 2nd edition, *Woodhead Publishing Limited, England*.
 25. Jung, J., Paik, H.D., Yoon, H.J., Jang, H.J., Jeewanthi, R.K.C., Jee, H.C., Li, X., Lee, N.K. and Lee, S.K. 2016. Physicochemical characteristics and antioxidant capacity in yogurt fortified with red ginseng extract. *Korean J Food Sci An*, 3: 412-420.
 26. Kavimandan, A. and Sharma, S. 2015. Role of *Spirulina platensis* as an enhancer of probiotic organisms in whey. *International Journal of Dairy Science Research*, 3(1): 1-6.
 27. Kim, K.H., Hwang, H.R., Jo, J.E., Lee, S.Y., Kim, N.Y. and Yook, H. S. 2009. Quality characteristics of yogurt prepared with flowering cherry (*Prunus serrulata L. var. spontanea Max. wils.*) fruit powder during storage. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 38: 1229-1236.
 28. Lutchmedial, M., Ramlal, R., Badrie, N. and Chang-Yen, I. 2004. Nutritional and sensory quality of stirred soursop yoghurt. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 55: 407-414.
 29. Mahdian, E. and Mazaheri tehrani, M. 2007. Optimizations of concentrated yoghurt processing. *Journal of Food Science of Iran*, 4(4): 45-51.
 30. Mohammadi-Alasti, B., Ghader Rezazadeh, A. M., Borgheei, S. M. and Habibifar, R. 2011. On the mechanical behavior of a functionally graded micro-beam subjected to a thermal moment and nonlinear electrostatic pressure. *Compos. Struct*, 93: 1516-1525.
 31. Molnar, N., Gyenis, B. and Varga, L. 2005. Influence of a powdered *Spirulina platensis* biomass on acid production of Lactococci in milk. *Milchwissenschaft*, 60: 380-382.
 32. Nguyen, L. and Hwang, E.S. 2016. Quality characteristics and antioxidant activity of yogurt supplemented with Aronia (*Aronia melanocarpa*) Juice. *Preventive Nutrition and Food Science*, 21: 330-337.
 33. Parada J.L., Zulpa de Caire, G., Zaccaro de Mule, M.C. and Storni de Cano, M.M. 1998. Lactic acid bacteria growth promoters from *S. platensis*. *International*

46. Zare Shahneh, F., Valiyari, S., Azadmehr, A., Hajiaghaee, R., Bandehagh, A. and Baradaran, B. 2013. Cytotoxic activities of *Ferulago angulata* extract on human leukemia and lymphoma cells by induction of apoptosis. *J Medicinal Plants Research March*, 7: 677-682.
47. Zhang, H.Q., Lin, A.P., Sun, Y. and Deng, Y.M. 2001. Chemo- and radio-protective effects of polysaccharide of *Spirulina platensis* on hemopoietic system of mice and dogs. *Acta Pharmacol Sin*, 22: 1121-1124.
48. Zhang, S. 2011, Antioxidative activity of lactic acid bacteria in yogurt. *African J. Microbio. Res*, 5: 5194-5201.
43. Yamani, M. I. and Ibrahim, S. A. 1996. The differential enumeration of *Lactobacillus delbrueckii* subspecies *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* sub.species *salivarius* in yogurt and labneh using an improved whey medium. *Journal of the Society of Dairy Technology*, 49: 103-108.
44. Yu, M.S., Kim, J. M., Lee, C. H., Son, Y. J. and Kim, S.K. 2014. Quality Characteristics of Stirred Yoghurt Added with Fermented Red Pepper. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34: 408-414.
45. Zainoldin, K.H. and Baba, A. S. 2009. The effect of *Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus* on physico-chemical, proteolysis, and antioxidant activity in yoghurt, World Academy of Science. *Engineering and Technology*, 60: 361-366.

(Original Research Paper)

The Prediction of Free Radical Scavenging Activity, Starter Cultures Count and Sensory Characteristics of Probiotic Yogurt Containing the Hydroalcoholic Extracts of *Spirulina platensis* and *Ferulago angulata* by Artificial Neural Network (ANN)

Abdolreza Aghajani¹, Seyyed Ali Mortazavi^{2*}, Farideh Tabatabaee Yazdi²

1-Department of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

2-Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Received:12/01/2019

Accepted:11/05/2019

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the free radical scavenging activity, yogurt starters counts and sensory characteristics (color, flavour, consistency, overall acceptance) of low-fat probiotic yogurt enriched with different levels of hydroalcoholic extract of *Ferulago angulata* (*F. angulata*) and microalgae *Spirulina platensis* (*S. platensis*) for 21 days at refrigerated temperature and predicting the experiments results by Artificial neural network (ANN). In order to predict the experiments results, the multilayer perceptron neural network with two inputs (extract concentration, storage time) and one output using MATLAB R2013a software was used. About free radical scavenging activity (DPPH) of probiotic yogurt samples, the R^2 was determined to be 0/989. Over time, by the 14th day, the free radical scavenging activity was increased and then decreased. *F. angulata* extract had a greater impact on this activity. For *L. bulgaricus* and *S. thermophilus*, R^2 were 0/99 and 0/97 respectively. Treatments containing *S. platensis* extract had a higher count of these strains in comparison with *F. angulata* extract. while the starter cultures count in the final day was determined to be more than the minimum number in probiotic yogurt (10^7 cfu/ml). R^2 for color, flavor, consistency, and overall acceptance were 0/93, 0/98, 0/98, and 0/97 respectively, while the treatments containing *S. platensis* extract showed higher sensory scores in comparison with *F. angulata* extract. The results showed that using a network with 10 neurons in the hidden layer and by the active hyperbolic sigmoid function and the data percentage used for training / test / evaluation is 60/ 15 / 20, probiotic yogurt can be predicted. The sensitivity analysis of optimal neural network showed the importance of predicting the parameters of extract concentrations and storage time on the changes of physicochemical, microbial and sensory characteristics of probiotic yogurt. It can be said ANN is a powerful tool for predicting the quality of probiotic yogurt.

Keywords: *Spirulina platensis*, *Ferulago angulata*, Artificial Neural Network, Functional Yogurt.

*Corresponding Author :Morteza1937@yahoo.com